

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИКИ ЗАЖИГАТЕЛЬНОГО ГОРНА КОНСТРУКЦИИ ОАО «ВНИИМТ»

Медведевских А.О., Лошкарев А.Н.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

Объектом исследования является зажигательный горн агломерационной машины. Исследование было решено производить методом компьютерного моделирования с использованием платформы ANSYS Workbench.

Ключевые слова: зажигательный горн, платформа ANSYS Workbench, компьютерное моделирование, агломерационная машина.

The object of the study is to ignition furnace sintering machine. Study it was decided to produce a computer simulation using the platform ANSYS Workbench.

Keywords: fiery furnace, platform ANSYS Workbench, computer modeling, sintering machine.

В ОАО «ВНИИМТ» разрабатываются зажигательные горны для агломерационных машин со сводовым отоплением. Горны с минимальными изменениями используются на различных машинах. Зажигательный горн служит для сжигания газообразного топлива и подачи продуктов его сгорания в слой шихты для его нагрева и воспламенения твердого топлива в слое.

Целью данной работы является изучение аэродинамики горнатакой конструкции, выявление возможных недостатков в работе и их устранения при изготовлении новых горнов в будущем. В данной работе мы моделируем горн агломашины № 10 предприятия ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Для достижения поставленной цели необходимо: 1) выбрать инструмент компьютерного моделирования; 2) создать трехмерную модель агрегата для компьютерного моделирования; 3) выработать и задать граничные и начальные условия, провести компьютерный расчет; 4) сделать анализ полученных результатов и выработать рекомендации по изменению конструкции; 5) осуществить компьютерное моделирование аэродинамики горна с учетом различных предлагаемых конструктивных изменений.

Горн представляет собой камерную конструкцию с габаритами в плане 5200 мм шириной, 4800 мм длиной и высотой 4850 мм с учетом площадок, газопроводов и опор. Размеры рабочего пространства горна: ширина 3260 мм, длина 4200 мм и высота от свода до низа тележек 1280 мм.

Горн состоит из следующих основных частей: боковые, сводовые и торцевые панели (рис. 1). Все элементы горна съемные и заменяемые.

Боковые панели являются основными несущими элементами горна. Каждая из них в нижней части представляет собой полый короб, выполненный из швеллеров, с фланцем для подвода воздуха. Вместе они образуют два продольных коллектора. На коллекторах закреплены вертикальные стенки, выполненные из уголка, швеллера и листовой стали, образующие боковые стенки горна.

Технические характеристики горна данной агломашины

Показатель	Значение
Вид топлива: коксовый газ с теплотой сгорания, ккал/нм ³	3700÷4000
Состав газа, % об.: CO	7,8–7,9
H ₂	53,6–55,3
N ₂	8,5–15,7
CO ₂	2,9–3,1
Влажность, %	0–2
Концентрация сероводорода, г/нм ³	2,3
Концентрация нафталина, г/нм ³	0,5
Расход газа на горение, м ³ /ч	1230
Расход воздуха, м ³ /ч	7830
Давление газа перед горном, мм вод. ст.	600÷800
Давление воздуха перед горном, мм вод. ст.	600
Температура газа и воздуха, °C	20
Температура окружающей среды, °C	10–40
Температура зажигания шихты, °C:	1250
Температура в горне, °C	1100–1250
Количество газовых горелок, шт.	16
Расположение горелок	Сводовое
Давление газа перед горелками, мм вод. ст.	400
Давление воздуха перед горелками, мм вод. ст.	300

Коллекторы соединены между собой поперечным каналом, являющимся частью торцевой стенки, монтируемой со стороны загрузки шихты. Соединенные в один узел боковые панели являются основным каркасом горна. В верхней части панели соединены передней и задней стяжками из швеллеров.

В таблице приведены технические характеристики горна данной агломашины.

Коллекторы предназначены для подвода воздуха на охлаждение бортов тележек. Для этого на их боковых поверхностях, обращенных в рабочее пространство горна, выполнены сопла для истечения охлаждающего воздуха. При этом воздух подводится только в один из продольных коллекторов. Подвод воздуха на втором коллекторе должен быть закрыт заглушкой. Верхняя часть коллекторов выполняет роль полки для опоры футеровки боковых стен. Верхняя часть боковой панели является опорой для сводовых панелей и стяжек [1].

Все воздухоподводящие патрубки расположены с правой стороны горна. С противоположного торца третьей и четвертой сводовых панелей установлен воздушный перекидной патрубок, обеспечивающий транзитный проход воздуха из четвертой в третью панель. Со стороны, противоположной подводу воздуха, панели имеют патрубки для продувочных свечей. На первой и третьей панелях установлены по 5 горелок, а на второй – 6. Расстояние между рядами горелок составляет 915 мм, шаг между горелками в рядах – 600 мм.

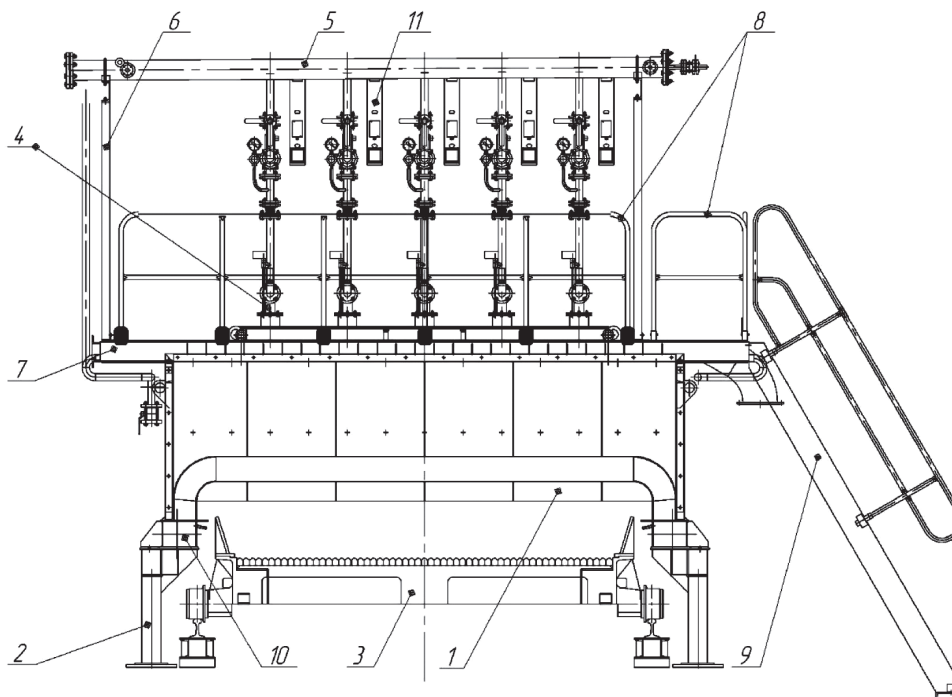


Рис. 1. Вид горна со стороны загрузки материала:

1 – торцевая панель с поперечным воздушным коллектором; 2 – опорная стойка; 3 – спекательная тележка агломашины; 4 – горелки газовые; 5 – газовый коллектор; 6 – стойка газопровода; 7 – сводовая панель; 8 – ограждения; 9 – лестница; 10 – коллектор боковой панели; 11 – пост управления горелкой на кронштейне

Все сводовые панели выполнены из швеллеров в виде пустотелых балок. На всех горелочных панелях выполнены порталы с патрубками. Стяжки открыты с торцов для свободной циркуляции воздуха. Все сводовые панели опираются на боковые стены горна и крепятся к ним болтовыми соединениями.

Между соседними сводовыми панелями и между сводовыми панелями и боковыми стенами выполнено уплотнение, исключающее подсос атмосферного воздуха и выбивание продуктов горения.

На своде на специальных опорах установлены газовые коллекторы, от которых выполнены подводы газа к горелкам с газовой арматурой, и продувочные трубопроводы.

Торцевая панель со стороны загрузки имеет поперечный воздушный коллектор, соединяющий между собой продольные коллекторы боковых панелей горна.

Торцевая панель со стороны выхода шихты выполнена с нижним защитным козырьком.

Воздух для горения и охлаждения бортов тележек подается в горн от дутьевых вентиляторов цеха.

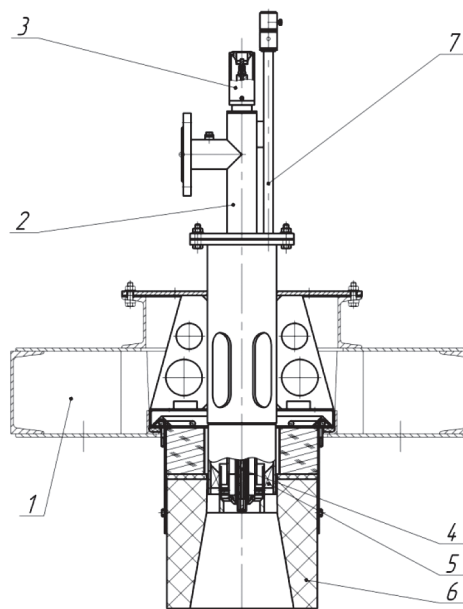
Рис. 2. Горелка ГПС-0,4 при установке на воздухоподводящей панели горна:
1 – воздухоподводящий корпус; 2 – газовая часть; 3 – клеммная коробка; 4 – электрод розжига; 5 – завихритель; 6 – горелочный камень; 7 – патрубок фотодатчика

На горне (на панелях) установлены горелочные устройства. Общий вид основного горелочного устройства показан на рис. 2 при его установке на панели горна. Горелка состоит из воздухонаправляющего корпуса, газовой части со стабилизатором и электродом розжига и горелочного камня. Розжиг каждой горелки производится при помощи встроенного электроискрового разрядного устройства.

Исследование аэродинамики рабочего пространства горна было решено проводить методом компьютерного моделирования с использованием платформы ANSYS Workbench (в основе его расчета лежит метод конечных элементов (МКЭ)), а именно с помощью модуля FluidFlowCFX. Метод конечных элементов (МКЭ) позволяет приближенно численно решать широкий спектр физических проблем, которые математически формулируются в виде системы дифференциальных уравнений или в вариационной постановке. Этот метод можно использовать для анализа напряженно деформированного состояния конструкции, для термического анализа, для решения гидрогазодинамических задач электродинамики. Могут решаться и связанные задачи [2].

Центральным объектом в работе в ANSYS Workbench является проект, под которым понимается совокупность геометрических, физических и конечно-элементарных моделей тел рассматриваемой задачи, а также результатов численного решения. Проект может состоять из одного или нескольких блоков, реализующих отдельные виды инженерного анализа. В свою очередь блок состоит из элементов – структурных частей блока, отвечающих за определенный этап анализа.

Среда ANSYS Workbench является основным инструментом, на котором базируется концепция «Проектирование изделий на основании результатов инженерных расчетов». Тесная интеграция между компонентами приложений дает беспрецедентную легкость использования при подготовке и проведении расчетов, а также при решении сложных междисциплинарных задач. Инновационная схема проекта внутри платформы ANSYS Workbench меняет порядок проведения расчетов. Проекты представляются в виде взаимосвязанных систем в форме блок-схемы. С первого взгляда можно понять инженерный замысел, взаимосвязи между данными и состоянием проекта расчета.



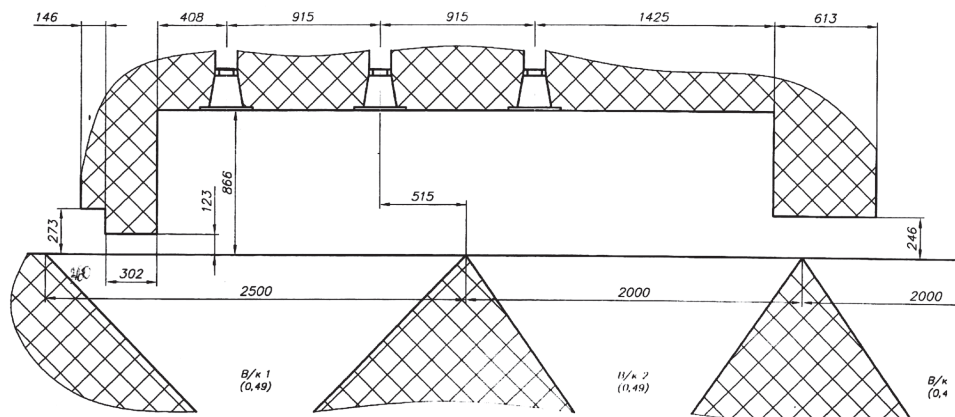


Рис. 3. Эскиз горна MMK № 10 (ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»)

На основе эскиза горна MMK № 10 (рис. 3) в системе Kompas 3D V14 была создана трехмерная модель внутреннего пространства горна обжиговой машины (рис. 4), после чего импортирована в ANSYS. Далее были заданы граничные и начальные условия.

В качестве начальных условий были заданы температура окружающей среды 20 °С, температура моделируемой среды 1300 °С и давления 101 325 Па. В качестве граничных условий – давление в плоскости входного и выход-

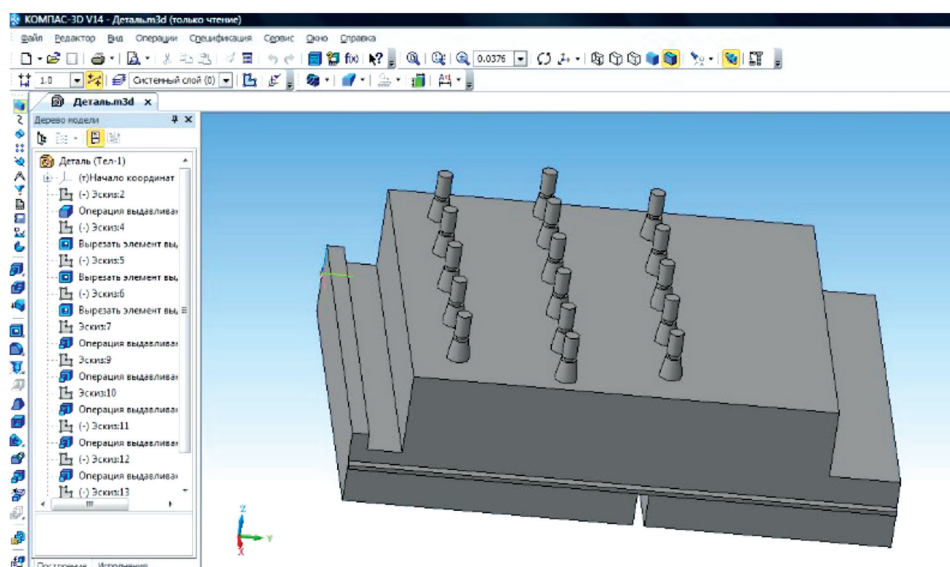


Рис. 4. Трехмерная модель зажигательного горна в Kompas 3D V14

ного окон, равное 101 325 Па; совокупный объемный расход (1230 м³/ч и 7830 м³/ч для газа и воздуха соответственно) был пересчитан по формуле

$$\rho_t = \frac{\rho_0 \cdot P \cdot 273}{101\,325 \cdot T} \quad [3]$$

для расчета массового расхода среды каждую горелку (0,03316 кг/с); задано разрежение в вакуум-камерах, равное 490 Па (абсолютное давление 100 835 Па). При описании задаваемых условий воздух – это моделирующая среда. Расходы были заданы во входном сечении канала каждого горелочного камня.

Для этих граничных условий проведен компьютерный расчет и получены результаты распределения скоростей (рис. 5–8).

В настоящее время проводятся работы по моделированию других вариантов конструкции горна. В дальнейшем планируется провести расчет и моделирование горна конструкции № 1 (данная конструкция используется на предприятии АО «ТНК «Казхром»), конструкции № 3 (ММК № 13 на предприятии ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат») и конструкции № 2 и № 4. По результатам анализа данных, полученных в ходе компьютерного моделирования аэродинамики горна существующих конструкций, следует выработать рекомендации по ее изменению.

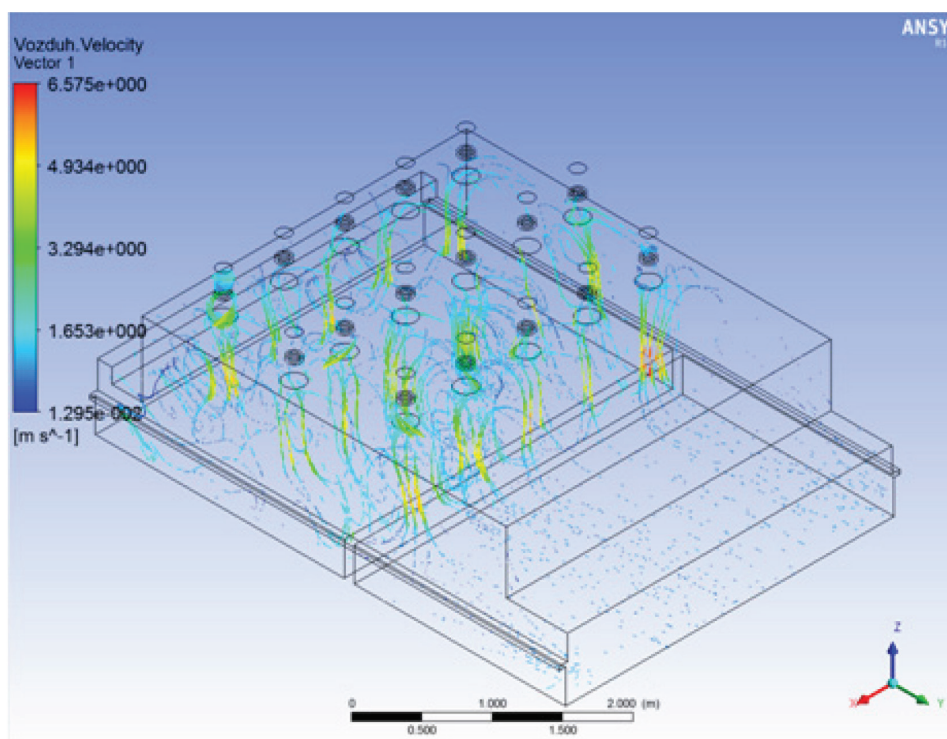


Рис. 5. Распределение скоростей воздуха в горне агломашины

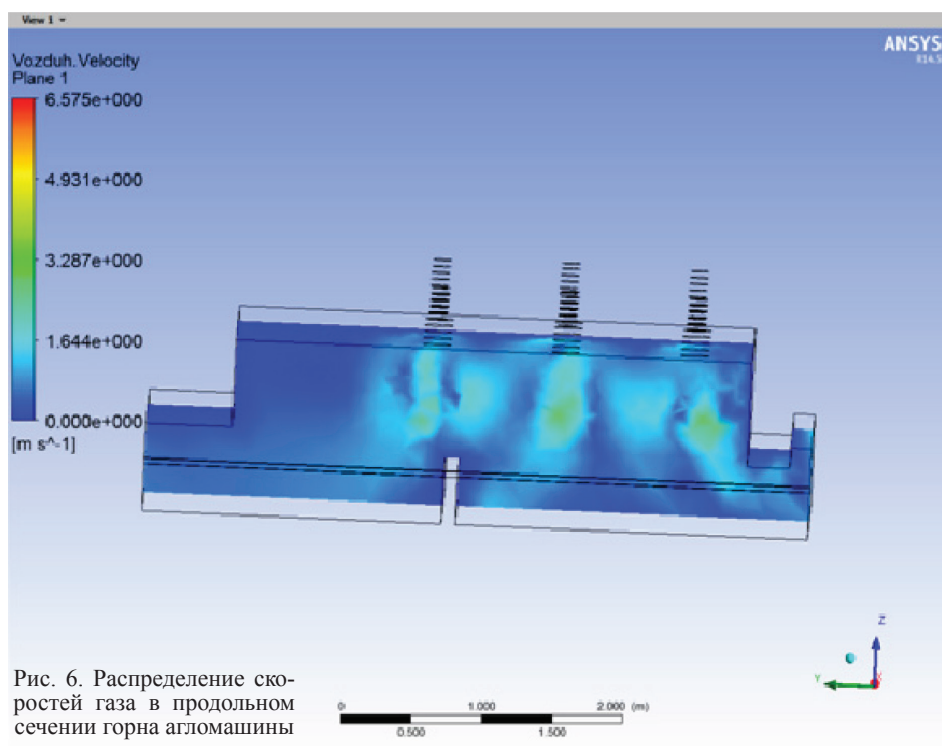


Рис. 6. Распределение скоростей газа в продольном сечении горна агломашины

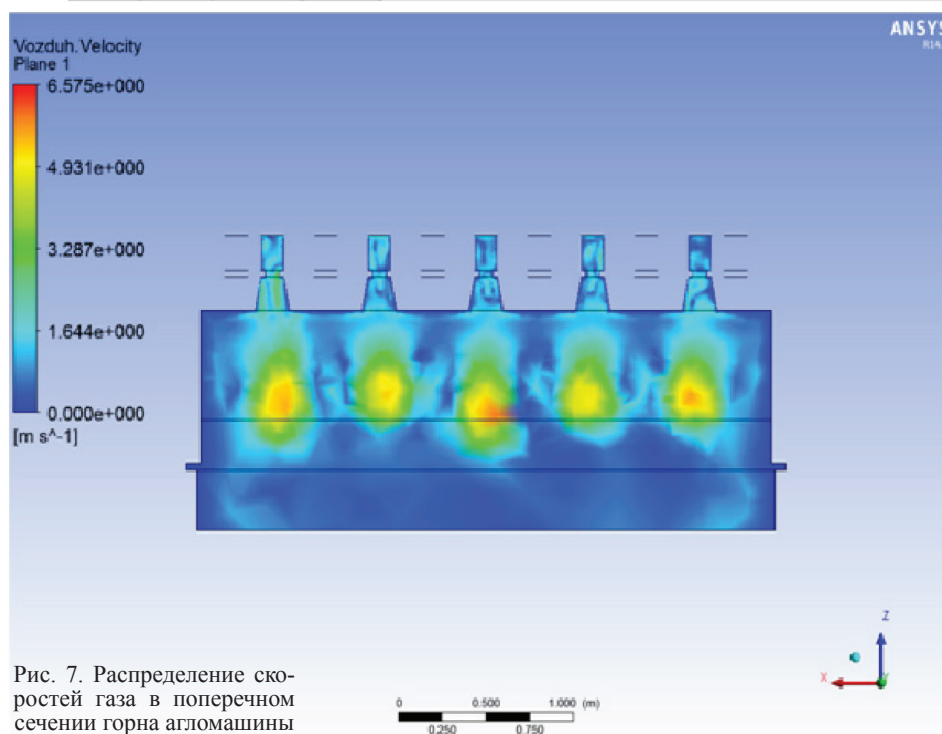


Рис. 7. Распределение скоростей газа в поперечном сечении горна агломашины

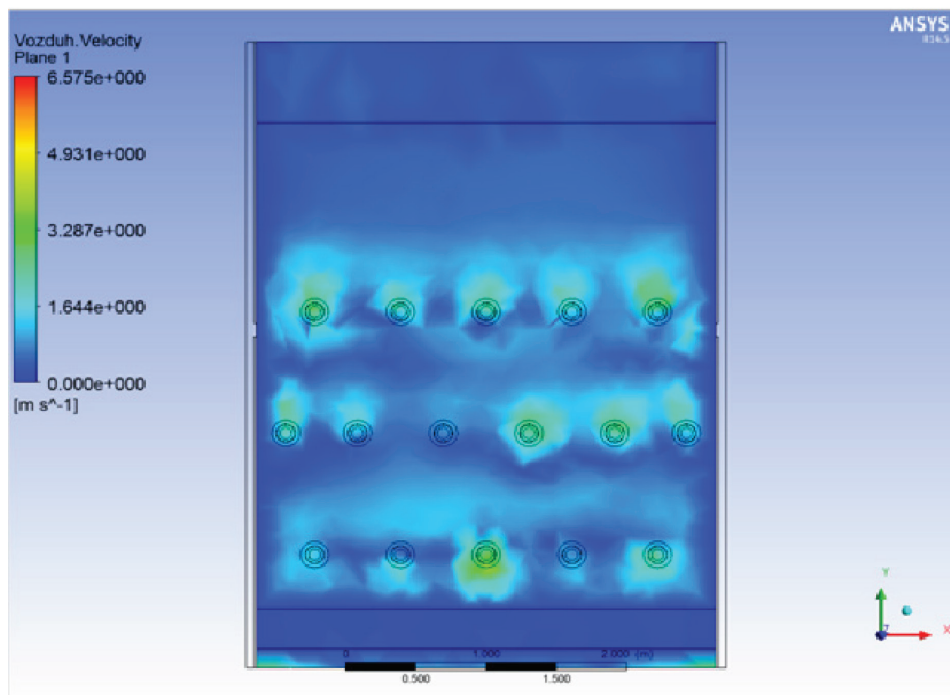


Рис. 8. Распределение скоростей газа по сечению распределения шихты в горне агломашины

Список использованных источников

1. Горн зажигательный для агломерационной машины ЗГСК-АКМ-75: паспорт и руководство по эксплуатации / А.А. Винтовкин, А.В. Чистополов, В.В. Татарников, А.Н. Лошкарев. – Екатеринбург, 2012. – 25 с.
2. Инженерный анализ в ANSYSWorkbench: учебное пособие / В.А. Бруйка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адеанов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 271 с.: ил.
3. Теплофизические свойства веществ: учебн. пособие / В.Л. Советкин, Л.А. Федяева, Свердловск: УПИ, 1990. – 104 с.
4. Дипломное и курсовое проектирование теплотехнических агрегатов: методические указания к оформлению дипломных и курсовых работ / Н.Б. Лошкарев, А.Н. Лошкарев, Л.А. Зайнуллин. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. – 50 с.